

# LUẬN GIẢI VỀ MỐI QUAN HỆ GIỮA MÔ HÌNH CẤU TRÚC VẬN TỐC SÓNG P CỦA MANTI VÀ HOẠT TÍNH ĐỊA ĐỘNG LỰC HIỆN ĐẠI THẠCH QUYỂN ĐÔNG NAM Á

CAO ĐÌNH TRIỀU<sup>1</sup>, LÊ VĂN DŨNG<sup>1</sup>,  
MAI XUÂN BÁCH<sup>1</sup>, CAO ĐÌNH TRỌNG<sup>1</sup>, ĐÀO VIỆT CẢNH<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam,  
18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội; <sup>2</sup>PVEP-ITC

**Tóm tắt:** Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả bước đầu luận giải về mối quan hệ giữa mô hình vận tốc sóng P của manti và hoạt tính địa động lực hiện đại thạch quyển Đông Nam Á. Kết quả cho thấy:

1/ Đới hút chìm bao quanh Đông Nam Á có đặc trưng cấu trúc vận tốc sóng P theo dạng “cột” trong manti trên, lớp chuyển tiếp và lớp phân chia thứ nhất: động đất tại các đới ranh giới mảng này có tần suất xuất hiện cao hơn và cấp độ mạnh lớn hơn phần nội mảng.

2/ Đới đứt gãy nội mảng Hải Nam – Natuna có vai trò là ranh giới phân chia manti nội mảng Đông Nam Á làm hai phần rõ rệt: Phần phía Đông có biểu hiện phân lớp ngang rõ nét, trong khi tại phần phía Tây có sự xáo trộn rõ rệt của mô hình vận tốc sóng P theo chiều thẳng đứng và ngang.

3/ Sự xuất hiện các “dòng chảy manti” từ ngoài vào tạo nên sự xáo động mạnh mẽ của manti nội mảng Đông Nam Á.

## I. MỞ ĐẦU

Khái niệm phân lớp về cấu trúc thạch quyển và manti Trái đất được sử dụng trong bài viết này như sau: 1/ Vỏ Trái đất, trung bình từ 0 đến 50 km; 2/ Thạch quyển: 0-100 km (gồm vỏ Trái đất: 0-50 km, và Đỉnh của manti: 50-100 km); 3/ Quyển dẻo: 100-250 km; 4/ Phần dưới của manti trên: 250-400 km; 5/ Đới chuyển tiếp: 400-650 km; 6/ Lớp phân chia 1: 650-850 km; 7/ Manti Trung: 850-1700 km; 8/ Lớp phân chia 2: 1700-2200 km; 9/ Manti Dưới: 2200-2900 km; 10/ Phần trên của Manti Trên: 50-250 km; 11/ Quyển kiến tạo: 50-650 km (gồm Quyển kiến tạo trên: 50-400 km và Quyển kiến tạo dưới: 400-650 km).

Cơ sở phương pháp luận phân tích tài liệu băng sóng địa chấn phục vụ xây dựng mô hình vận tốc sóng P của thạch quyển và manti Đông Nam Á được mô tả chi tiết trong [5-10]. Các kết quả nghiên cứu trước đây đã đưa ra một số nhận định về đặc trưng cấu trúc manti và thạch quyển Đông Nam Á như sau:

1/ Luận giải về mối liên quan chặt chẽ giữa suy giảm vận tốc truyền sóng P với tính lưu biến của manti dựa trên mô hình vận tốc sóng P cho thấy, sự tồn tại của một số cấu trúc có nhiệt độ cao (dị thường nhiệt) kích thước lớn tại ranh giới phía dưới quyển kiến tạo trên ở Đông Nam Á. Khi xâm nhập lên phần trên của quyển kiến tạo thì các cấu trúc nhiệt này phân tán dạng tỏa tia và tạo nên các cấu trúc có kích thước nhỏ hơn, phân bố rải rác dọc đới ranh giới mảng và trong phần nội mảng thạch quyển Đông Nam Á.

2/ Đặc điểm cấu trúc của manti khu vực Đông Nam Á biểu hiện khá phức tạp, ngoài biểu hiện phân lớp theo chiều thẳng đứng còn tồn tại các cấu trúc dị thường vận tốc theo chiều ngang mà có lẽ nguyên nhân là do nóng chảy vật liệu manti tạo nên. Điều này có thể lý giải bằng hiện tượng xáo trộn mạnh mẽ của manti do các “dòng chảy manti” di chuyển từ ngoài vào Đông Nam Á.

3/ Đới ranh giới mảng Đông Nam Á có biểu hiện vát mỏng tương đối của thạch quyển, biến đổi trong phạm vi từ 70 đến 110 km và có biểu hiện phân chia thành các khối cấu trúc: 1/ Myanmar (Indo-Burma): 80-100 km; 2/ Nicobar (biển Andaman): 70-75 km; 3/ Sumatra: 75-95 km; 4/ Java: 80-95 km; 5/ Timor: 95-110 km; 6/ Halmahera: 95-105 km; 7/ Sula: 90-110 km; 8/ Sulawesi: 70-90 km; 9/ Philippin: 85-110 km; 10/ Manila: 95-105 km; 11/ Đài Loan: 80-90 km; 12/ Batan: 80-90 km.

4/ Trong phạm vi nội mảng Đông Nam Á có biểu hiện biến đổi giá trị độ sâu tới đáy thạch quyển khá phức tạp và bao gồm các khối cấu trúc: 1/ Sino-Burma: 90-100 km; 2/ Shan Thái: 95-105 km; 3/ Pattani: 85-95 km; 4/ Đông Dương (Indochina: 80-105 km); 5/ Malaysia: 85-95 km; 6/ Natuna: 100-105 km; 7/ Việt-Trung: 85-100 km; 8/ Hoàng Sa: 75-85 km; 9/ Trung tâm Biển Đông: 65-80 km; 10/ Trường Sa: 90-110 km; 11/ Bắc Kalimantan: 95-100 km; 12/ Kalimantan: 90-95 km; 13/ Barito: 85-90 km; 14/ Banda: 65-90 km; 15/ Sulu (biển Sulu và biển Sulawesi: 60-90 km).

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả bước đầu luận giải về mối quan hệ giữa mô hình vận tốc sóng P của manti và hoạt tính địa động lực hiện đại thạch quyển Đông Nam Á. Cụ thể là: 1/ Luận giải về mối liên quan giữa ranh giới bất đồng nhất vận tốc truyền sóng theo chiều ngang với các đới đứt gãy của thạch quyển và biểu hiện hoạt động động đất; 2/ Sự suất hiện của “dòng chảy manti” (Lớp nghiêng vận tốc) và đặc trưng vận động của thạch quyển.

## II. VỀ ĐẶC TRƯNG PHÂN DỊ NGANG VẬN TỐC TRUYỀN SÓNG TRONG MANTI ĐÔNG NAM Á

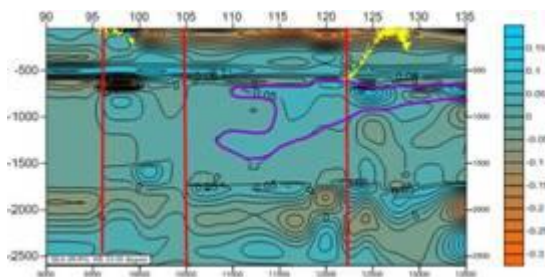
Nhằm mục đích xác lập sơ đồ phân bố ranh giới ngang vận tốc sóng P và hướng dịch chuyển của “dòng chảy manti” Đông Nam Á, chúng tôi đã tiến hành phân tích [1-5]:

- 41 mặt cắt dị thường vận tốc sóng P theo vĩ tuyến (từ vĩ độ -15 đến vĩ độ 25, các tuyến cách nhau  $1^{\circ}$ ), từ độ sâu 50 km đến độ sâu 2600 km.

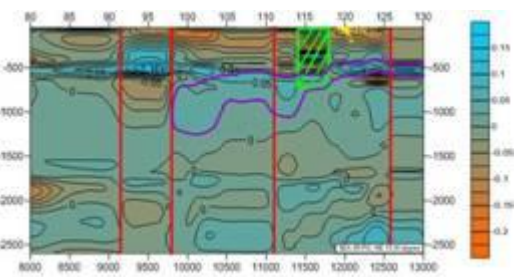
- 46 mặt cắt dị thường vận tốc sóng P theo kinh tuyến (từ kinh độ 90 đến kinh độ 135, các tuyến cách nhau  $1^{\circ}$ ), từ độ sâu 50 km đến độ sâu 2600 km.

- 81 sơ đồ vận tốc sóng P theo diện tại các độ sâu khác nhau, từ 50 km đến 2500 km (tại các độ sâu cách nhau 25 km).

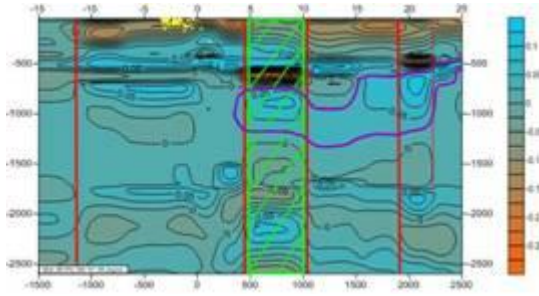
a) Ranh giới bất đồng nhất ngang vận tốc sóng P được nhận dạng trên cơ sở sự khác biệt về vận tốc truyền sóng P theo diện và theo mặt cắt (xem ví dụ tại Hình 1-5). Ở đây, tác giả có phân biệt hai loại ranh giới: có biểu hiện rõ nét sự khác biệt vận tốc sóng P xuyên suốt từ manti trên đến hết manti dưới; và loại ranh giới biểu hiện kém rõ nét hoặc ngắt quãng theo chiều sâu về vận tốc sóng P từ manti trên đến hết manti dưới.



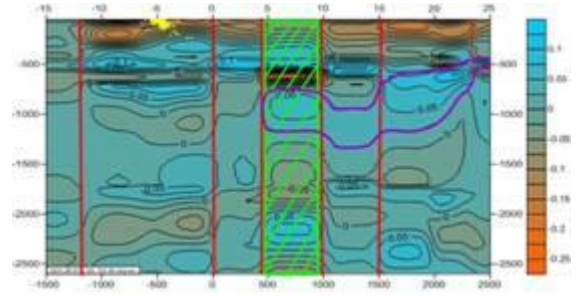
Hình 1. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P dọc theo vĩ tuyến  $03^{\circ}$  vĩ độ Bắc.



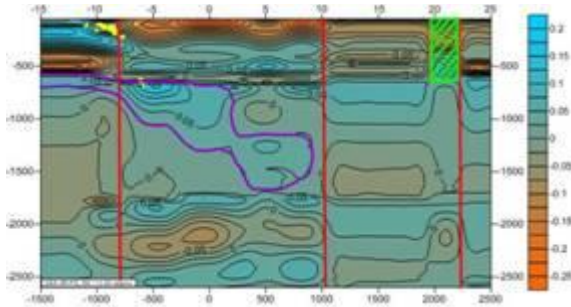
Hình 2. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P dọc theo vĩ tuyến  $15^{\circ}$  vĩ độ Bắc.



Hình 3. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P dọc theo kinh tuyến 101<sup>0</sup> kinh độ Đông.



Hình 4. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P dọc theo kinh tuyến 103<sup>0</sup> kinh độ Đông.



Hình 5. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P dọc theo kinh tuyến 113<sup>0</sup> kinh độ Đông.

**Chú giải chung từ Hình 1 đến Hình 5**

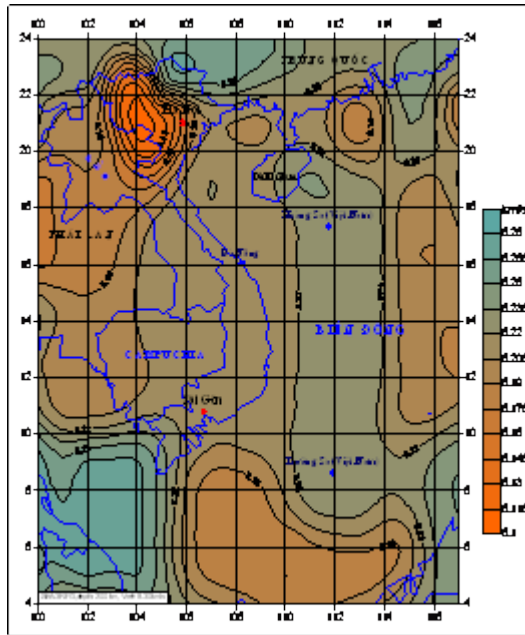


- 1- Ranh giới bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P xuyên suốt trong manti;
- 2- Ranh giới bất đồng nhất vận tốc truyền sóng P không xuyên suốt trong manti;
- 3- Lớp nghiêng trong manti;
- 4- Chấn tiêu động đất;
- 5- Chấn tâm động đất;
- 6- Cột manti.

b) “Dòng chảy manti” được phân định trên cơ sở nhận dạng các lớp nghiêng vận tốc sóng P xuất hiện trong lớp chuyển tiếp, nghiêng xuống lớp ranh giới 1. Đây là lớp có vận tốc sóng P cao [8-13].

**1. Ranh giới bất đồng nhất ngang vận tốc sóng P manti Đông Nam Á**

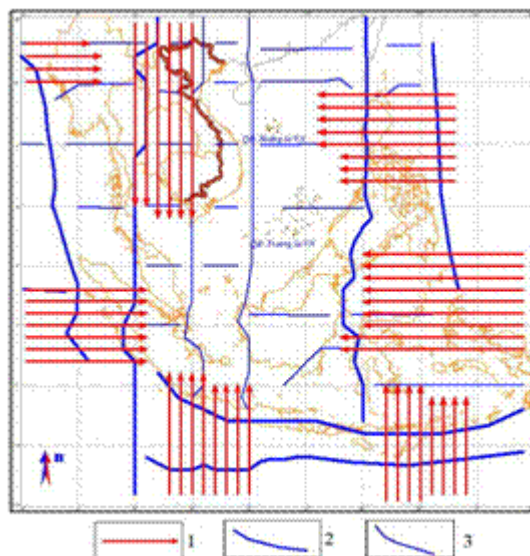
Nét nổi bật chung nhất của mô hình cắt lớp sóng P địa chấn Đông Nam Á là có sự phân dị rõ nét vận tốc truyền sóng theo chiều ngang (Hình 1-5). Có những ranh giới ngang tồn tại xuyên suốt manti, từ độ sâu 50 km đến tận 2600 km. Một số ranh giới chỉ tồn tại hoặc trong manti trên, hoặc trong lớp ranh giới 1, 2, hoặc trong manti trung và manti dưới. Điều đáng chú ý nhất là sự xuất hiện các “cấu trúc dạng cột”, hay gọi ngắn gọn là “cột” trong manti. Đặc biệt là các “cột” manti xuất hiện tại các lớp ranh giới chuyển tiếp [1].



Hình 6. Mô hình vận tốc truyền sóng P Đông Nam Á tại độ sâu 200 km.  
(Điểm dấu chấm là chấn tâm động đất).

Theo luận thuyết kiến tạo mảng thì các mảng thạch quyển nguội lạnh có thể chùng chìm tới ranh giới giữa manti trên và manti trung, tích tụ tại đây và sau khoảng 300-400 Tr.n di chuyển trong manti tới nhân lỏng của Trái đất [9-17]. Hậu quả của quá trình này đã gây nên thay đổi các quá trình diễn ra trong nhân lỏng, tác động tới nhân lỏng và tại ranh giới manti - nhân lỏng xuất hiện plum. Plum di chuyển lên trên, tới đáy của thạch quyển, một phần tồn tại tại tại ranh giới manti trên, manti trung và trong quyển kiến tạo xuất hiện các plum nhỏ (điểm nóng - hot spot). Từ plum ở độ sâu lớn xuất hiện các dòng khí (hỗn hợp nóng chảy manti và khí) chiếm một vùng diện tích rộng lớn chứa năng lượng. Sự xuất hiện các thể lưu động này đã tạo nên cấu trúc bất đồng nhất về mật độ (và vận tốc sóng địa chấn) dạng dải giới hạn đường di chuyển của plum lên phần trên thạch quyển. Biểu hiện trên mô hình sóng địa chấn là cấu trúc dạng cột đan xen giữa vận tốc cao và vận tốc thấp. Việc xác lập các “cấu trúc dạng cột” đã được tiến hành trong [1].

Ranh giới ngang vận tốc sóng P (trong nhiều trường hợp các ranh giới này đóng vai trò là ranh giới cấu trúc dạng “cột” trong manti) được biểu diễn trong Hình 7.



Hình 7. Ranh giới ngang vận tốc truyền sóng P và hướng dịch chuyển của “dòng chảy manti” Đông Nam Á:

1- Hướng dịch chuyển của “dòng chảy manti”; 2- Ranh giới ngang vận tốc sóng P rõ nét; 3- Ranh giới ngang vận tốc sóng P ít rõ nét.

## 2. Sự tồn tại “lớp nghiêng” vận tốc truyền sóng P manti Đông Nam Á

Một nét đặc trưng nữa của mô hình vận tốc sóng P Đông Nam Á là tại lớp ranh giới 1, tồn tại sự vát mỏng của “lớp nguội lạnh” có vận tốc cao xuất hiện tại đây và có xu hướng thâm nhập xuống manti dưới (Hình 1-6). Lớp này có biểu hiện tăng cao vận tốc sóng P từ 0,05 cm/s đến 0,1 cm/s so với môi trường xung quanh. Có thể gọi đây là “lớp nghiêng”. Các nhà địa chấn học cho rằng các lớp nghiêng vận tốc cao này là các “dòng chảy manti”. Dưới tác động của trường ứng suất nén ép xuất hiện “dòng chảy manti” trong lớp thứ nhất xâm nhập xuống manti dưới [1, 9-20]. Kết quả phân tích hướng phát triển của “dòng chảy manti” được trình bày trong Hình 7. Cũng cần nói rằng, do các tuyến phân tích chủ yếu theo kinh độ và vĩ độ nên phương dịch chuyển của các “dòng chảy manti trên hình vẽ cũng chỉ thể hiện được theo kinh tuyến hoặc vĩ tuyến.

## III. LUẬN GIẢI VỀ MỐI QUAN HỆ GIỮA MÔ HÌNH CẤU TRÚC VẬN TỐC SÓNG P CỦA MANTI VÀ HOẠT TÍNH ĐỊA ĐỘNG LỰC HIỆN ĐẠI THẠCH QUYỂN ĐÔNG NAM Á

### 1. Đới ranh giới phân chia cấu trúc vận tốc sóng P theo chiều nằm ngang trong manti Đông Nam Á và biểu hiện hoạt động động đất

Đông Nam Châu Á có vị trí về mặt kiến tạo nằm ở rìa đông nam của mảng thạch quyển Âu-Á. Đây là khu vực có đặc điểm kiến tạo và hoạt động động đất rất phức tạp. Bao quanh vùng lãnh thổ rộng lớn này là các đới hút chìm kéo dài từ Miến Điện qua Nikobar - Sumatra - Timor - Philippin tới Đài Loan. Phần diện tích còn lại của khu vực này có chế độ hoạt động kiến tạo nội mảng.

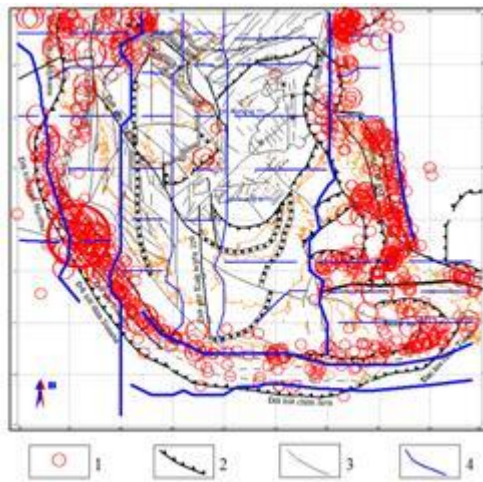
Trên cơ sở các kết quả đạt được trong khuôn khổ bài báo này cho thấy (Hình 8):

1/ Có biểu hiện rõ nét sự biến đổi vận tốc sóng P theo chiều nằm ngang, hoặc xuyên suốt manti hoặc tồn tại ở các độ sâu khác nhau. Các ranh giới vận tốc sóng P xuyên suốt manti đóng vai trò là ranh giới mảng thạch quyển. Phần nội mảng Đông Nam Á có biểu hiện biến đổi phức tạp của vận tốc sóng P cả theo chiều ngang lẫn chiều thẳng đứng (Hình 1-6). Trong khi đó, tính phân lớp ngang biểu hiện rõ nét tại các mảng: Ấn-Úc và Thái Bình Dương.

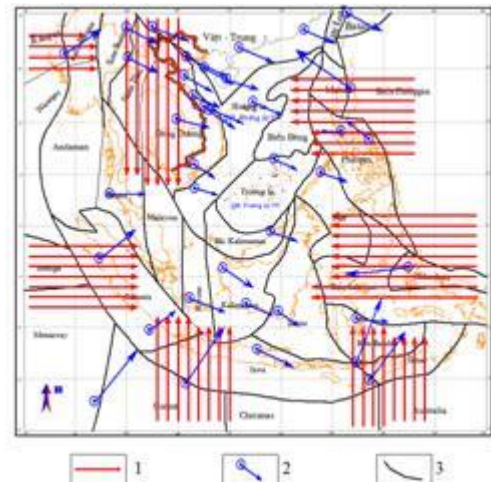
2/ Đới hút chìm bao quanh Đông Nam Á có đặc trưng cấu trúc vận tốc sóng P theo dạng “cột” trong manti trên, lớp chuyển tiếp và lớp phân chia thứ nhất: đới này trùng với các đới phát sinh động đất thuộc ranh giới mảng [1], có độ sâu chấn tiêu từ rất nông đến rất sâu. Chấn tiêu động đất

sâu nhất thuộc các đới ranh giới mảng: Sumatra: 650 km, Java: 700 km, Timor: 700 km, Philippin: 700 km; thứ đến là các đới thuộc ranh giới mảng còn lại như Indo – Burma: 300 km, Andaman: 500 km, Hammahera: 350 km, Manila: 400 km, Taiwan: 350 km. Động đất tại các đới ranh giới mảng này có tần suất xuất hiện cao, cấp độ mạnh có thể đạt 9,0 (Động đất Sumatra, 2004).

3/ Các đới đứt gãy nội mảng như: Kinh tuyến 110<sup>0</sup> (Hải Nam - Natuna), Kinh tuyến 105<sup>0</sup> (Sông Hồng, Bắc Hoàng Sa), cũng là những đứt gãy có độ sâu lớn trong thạch quyển và có biểu hiện rõ nét là ranh giới vận tốc sóng P trong quyển kiến tạo, lớp phân chia 1 và lớp phân chia thứ hai. Đặc biệt là đới đứt gãy Hải Nam – Natuna, có vai trò ranh giới phân chia manti nội mảng Đông Nam Á làm hai phần rõ rệt: Phần phía đông có biểu hiện phân lớp ngang khá rõ nét, trong khi tại phần phía tây có sự biến đổi mạnh vận tốc sóng P theo chiều thẳng đứng và ngang. Biểu hiện hoạt động động đất phần nội mảng Đông Nam Á có tần suất xuất hiện thấp, cấp độ mạnh ( $M_{max} < 7,5$ ) và độ sâu chấn tiêu nhỏ ( $h < 60$  km) [1].



Hình 8. Mối quan hệ giữa ranh giới ngang vận tốc sóng P và hoạt động động đất Đông Nam Á: 1- Chấn tâm động đất; 2- Đới hút chìm; 3- Đứt gãy trong thạch quyển; 4- Ranh giới ngang vận tốc truyền sóng P (nét đậm là ranh giới rõ nét, nét nhạt là ranh giới ít rõ nét).



Hình 9. Mối quan hệ giữa phương dịch chuyển của “dòng chảy manti” Đông Nam Á và véc tơ vận tốc dịch chuyển của thạch quyển theo tài liệu GPS: 1-Hướng dịch chuyển của “dòng chảy manti”; 2- Véc tơ vận tốc dịch chuyển của thạch quyển theo tài liệu GPS; 3- Ranh giới phân chia khối thạch quyển (nét đậm là ranh giới rõ nét, nét nhạt là ranh giới ít rõ nét).

## 2. "Dòng chảy manti" Đông Nam Á và biểu hiện vận động của thạch quyển

Hình 9 biểu diễn hướng phát triển của “dòng chảy manti” và vận tốc dịch chuyển của thạch quyển Đông Nam Á.

a) Về vận tốc dịch chuyển của thạch quyển Đông Nam Á: tác giả sử dụng kết quả quan trắc GPS, dựa trên tích hợp số liệu từ 42 trạm đo bao gồm cả số liệu đo đạc trắc địa của nhóm các nhà khoa học Australia (AUSLIG) và kết quả trắc đạc GPS tại Việt Nam từ năm 1996 đến nay [1]. Theo các tài liệu thu thập được cho thấy: Phần nội mảng của Đông Nam Á là nơi có tốc độ dịch chuyển yếu, ổn định với giá trị nhỏ hơn 40 mm/năm. Tốc độ hội tụ của mảng Ấn-Úc và khối nội mảng Đông Nam Á theo kết quả phân tích đối sánh giữa NUVEL-1A và các phương dịch trượt của mặt đứt gãy trong động đất cho giá trị 66-72 mm/năm. Tại các vị trí khác nhau dọc theo đứt gãy Sumatra cũng quan trắc thấy tốc độ dịch chuyển tương ứng là khoảng 20-30 mm/năm (tại vị

trí Cung Banda). Sự hội tụ xuất hiện tại vị trí giao cắt chạc ba giữa mảng thạch quyển Châu Úc với phức hệ các khối liên kết của mảng Thái Bình Dương và mảng biển Philippin. Tiến về phía đông của khu vực Đông Nam Á, quá trình hội tụ giữa mảng biển Philippin và các phần nội mảng tạo nên một đai phức hệ động. Trong khi đó, ở phía tây của khu vực Đông Nam Á, sự chuyển động tương đối, gần như chính bắc của mảng Ấn Độ so với Âu-Á, với vận tốc là 45-52 mm/năm. Kéo theo quá trình chuyển động về phía bắc của Ấn Độ là một loạt các hoạt động khác của khu vực kề cận như: quá trình mở rộng của biển Andaman, dịch chuyển trượt bằng dọc theo đứt gãy Saigang, quá trình nén ép nghiêng và tiêu biến dọc theo các đới hút chìm Andaman, Indo-Burma.

b) Đối sánh giữa phương dịch chuyển của “dòng chảy manti” và dịch chuyển của thạch quyển Đông Nam Á theo kết quả quan trắc GPS cho thấy (Hình 9):

1/ Sự xuất hiện các “dòng chảy manti” từ lục địa Trung Hoa xuống, từ mảng Ấn-Úc và biển Philippin vào, tạo nên sự xáo động mạnh mẽ của manti nội mảng Đông Nam Á. Biểu hiện trên mô hình vận tốc sóng P là sự thay đổi vận tốc phức tạp theo chiều ngang và thẳng đứng.

2/ Dưới tác động của “dòng chảy manti” phương á vĩ tuyến từ tây sang đông, từ vịnh Bengan vào Đông Dương và từ Ấn Độ Dương vào Sumatra, gây nên dịch chuyển phương đông bắc của khối Indoburma và Sumatra.

3/ Khối ranh giới mảng Java và Timo có biểu hiện chuyển dịch về phía đông bắc. Đây là hậu quả tác động của “dòng chảy manti” về phía bắc, từ mảng Ấn - Úc.

4/ Sự xuất hiện các dòng chảy manti từ mảng biển Philippin (mảng Thái Bình Dương) vào nội mảng Đông Nam Á gây nên chuyển dịch phương á vĩ tuyến của khối Himahera, Philippin và Manila.

5/ Theo kết quả quan trắc GPS cho thấy, khối Đông Dương đang dịch chuyển về phía đông nam với vận tốc nhỏ hơn 40 mm/năm. Đây là hậu quả của tác động “dòng chảy manti” từ lục địa Trung Hoa xuống phía nam.

#### **IV. KẾT LUẬN**

1/ Đới hút chìm bao quanh Đông Nam Á có đặc trưng cấu trúc vận tốc sóng P theo dạng “cột” trong manti trên, lớp chuyển tiếp và lớp phân chia: Đầu tiên là đới này trùng với các đới phát sinh động đất thuộc ranh giới mảng, có độ sâu chấn tiêu từ rất nông đến rất sâu. Chấn tiêu động đất sâu nhất thuộc các đới ranh giới mảng: Sumatra: 650 km, Java: 700 km, Timor: 700 km, Philippin: 700 km; thứ đến là các đới thuộc ranh giới mảng còn lại như Indo – Burma: 300 km, Andaman: 500 km, Hammahera: 350 km, Manila: 400 km, Taiwan: 350 km. Động đất tại các đới ranh giới mảng này có tần suất xuất hiện cao, cấp độ mạnh có thể đạt 9,0 (động đất Sumatra, 2004).

2/ Đới đứt gãy nội mảng Hải Nam - Natuna có vai trò ranh giới phân chia manti nội mảng Đông Nam Á làm hai phần rõ rệt: Phần phía Đông có biểu hiện phân lớp ngang rõ nét, trong khi tại phần phía Tây có sự xáo trộn rõ rệt của mô hình vận tốc sóng P theo chiều thẳng đứng. Phần phía Đông của manti nội mảng Đông Nam Á chịu tác động mạnh mẽ của dòng chảy manti từ mảng Biển Philippin vào. Trong khi tại phần phía Tây là sự giao thoa của các “dòng chảy manti” từ mảng Ấn - Úc và từ lục địa Trung Hoa.

3/ Sự xuất hiện các “dòng chảy manti” từ lục địa Trung Hoa xuống, từ mảng Ấn-Úc và mảng Biển Philippin vào tạo nên sự xáo động mạnh mẽ của manti nội mảng Đông Nam Á. Biểu hiện trên mô hình vận tốc sóng P là sự thay đổi vận tốc phức tạp theo chiều ngang và thẳng đứng. Hướng dịch chuyển của các khối thạch quyển Đông Nam Á là hậu quả tác động của các “dòng chảy manti” từ manti mảng thạch quyển Ấn-Úc và Biển Philippin và lục địa Trung Hoa chảy vào.

Đây là một trong những kết quả nghiên cứu của đề tài KC.09.02/11-15 do TS. Phùng Văn Phách làm chủ nhiệm.

#### **VĂN LIỆU**

1. Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, Đỗ Văn Lĩnh, Lê Văn Dũng, Cao Đình Trọng, 2013. Địa động lực hiện đại lãnh thổ Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*, 242 tr.
2. Cao Dinh Trieu, Nguyen Huu Tuyen, Le Van Dung, Pham Nam Hung, Mai Xuan Bach and Thai Anh Tuan, 2005. Evolution of faulting tectonic in Southeast Asia. *J. of Geodesy and Geodynamics*, 25/1 : 51-59, Beijing, China.
3. Cao Đình Triều, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Trọng, 2008. Một số nét đặc trưng về kiến tạo địa chấn khu vực Đông Nam Á. *TC Địa chất*, A/306:3-13. Hà Nội.
4. Cao Đình Triều, Stvetkova T.A., Bùi Anh Nam, Nguyễn Đức Vinh, Thái Anh Tuấn, 2009. Mô hình vận tốc sóng dọc thạch quyển và Manti Đông Nam Á. *TC Địa chất*, A/314:1-8. Hà Nội.
5. Cao Dinh Trieu, Starostenko V., Tsvetkova T.A., Legostaeva O., Zaets L., Pham Nam Hung, Bui Anh Nam, Le Van Dung, 2010. Lithosphere structure of Vietnam and adjacent territories based on seismic P-waves tomography and gravity – material of international conference “Geodynamical phenomena:from observations and experiments to theory and modelling” - September 20-24, 2010,Kiev, Ukraine - // *Geophysical Journal* 32, №4 P.29-40.
6. Geiko V.S., 1998. Taylor's approximation of wave and Eikonal equation in inverse seismic problems. *Geophys. J.*, 17 : 465-493.
7. Geiko V.S., 2004. A general theory of seismic travel time tomography. *Geophys. J.*, 26/2 : 3-33.
8. Inoue H., Fukao Y., Tanabe K., Ogata Y., 1990. Whole mantle P-wave travel-time tomography // *Phys. Earth Planet. Int.* 1990. 59. P. 294-328.
9. Martinec Z., Pec K., 1990. The influence of the core-mantle boundary irregularities on the mass density distribution inside the Earth// *Geophysical data inversion methods and applications. Proceedings of VII Int.*
10. Maruyama S.H., 1994. Plume tectonics // *J. Geol. Soc. Japan.* 1994. 100, № 1. P. 24-49.
11. Nataf H.C., 2000. Seismic imaging of mantle plumes // *Annual Rev. Earth Planet. Sci.* 2000. 28. P. 391-417.
12. Semenov V.Yu., 1998. Regional conductivity structures of the Earths mantle. - Warszawa: *Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences*, 1998, -122 p.
13. Starostenko V.I., Kendzera A.V., Bugaienko I.V., Zaiets L.N., Tsvetkova T.A., 2011. Tsunamogenic earthquake under North Sumatra (26 december 2004) // *Geophysical Journal* 33, №2 P.3-15.
14. Tsvetkova T.A., Cao Dinh Trieu, 2010. P-wave model of lithosphere and mantle of South East Asia (SEA) / *Book of abstracts, 8-th General Assemble of Asian Seismological Commission (ASC2010) (Vietnam, Hanoi, Nowember 8 - 10, 2010.)*. Hanoi, 2010. P. 112 - 113.
15. Zayets L.N., Tsvetkova T.A., Bugaenko I.V., Shumlyanskaya L.A., 2009. Three-dimensional P-velocity model of the upper mantle of Indo-Chine and surroundings // *Geophysical Journal* -31, №2 -P.47-60.
16. Zaiets L., Tsvetkova T.A., Bugaienko I., Shumlyanskaya L., 2010. Influence of surroundings features on the velocity structure of mantle under South-East Asia from data of seismic tomography - material of international conference “Geodynamical phenomena:from observations and experiments to theory and modelling” - September 20-24, 2010,Kiev, Ukraine - // *Geophysical Journal*, 32, №4 -P.210-212.
17. Заец Л.Н., 2011. Скоростные границы в мантии Юго-Восточной Азии и Южного Китая // *Geophysical Journal* -33, №1, P.62-71.



**18. Старостенко В.И., Лукин А.Е., Цветкова Т.А., Заец Л.Н., Донцов В.В., Савиных Ю.В., 2011.** Об участии суперглубинных флюидов в нефтидогенезе (по данным изучения уникального нефтяного месторождения Белый Тигр) // *Geophysical Journal* 33, №4 -P.3-32.

**19. Заец Л.Н., Као Динг Тру, Цветкова Т.А., 2012.** Скоростное строение мантии и суперглубинные флюиды Юго-Восточной Азии // *Geophysical Journal*, 34, №4, P.108-127.

**20. <http://topex.ucsd.edu>.**